

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

APPARATUS FOR MEASURING FLOWS

Patent Number: ☐ [US2002124661](#)
Publication date: 2002-09-12
Inventor(s): WAGNER GEORG F (DE)
Applicant(s):
Requested Patent: ☐ [DE19861074](#)
Application Number: US19990469827 19991222
Priority Number(s): DE19981008701 19980302
IPC Classification: G01F1/32
EC Classification: [G01F1/66B](#), [G01F1/66F](#)
Equivalents: ☐ [DE19861073](#), ☐ [DE19861075](#)

Abstract

A flow measuring apparatus has a meter pipe through which the medium being metered flows, at least two ultrasonic transducers being disposed on said pipe for transmitting and receiving a beam running obliquely to the longitudinal axis of the meter pipe. The pipe wall is provided with recesses the beam to pass through from the transmitting transducer into the medium and from the medium to the receiving transducer. Sound-conducting bodies are disposed between the transducers and the medium, the beam passing perpendicularly through the boundary surfaces of said bodies with the medium and said bodies having an acoustic impedance no more than fifteen times the acoustic impedance of the medium

Data supplied from the esp@cenet database - I2

**19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT**

Offenlegungsschrift
DE 198 61 074 A 1

⑤ Int. Cl.⁶:
G 01 F 1/66

21 Aktenzeichen: 198 61 074.2
22 Anmeldetag: 2. 3. 98
43 Offenlegungstag: 9. 12. 99

DE 198 61 074 A1

71 Anmelder:
Wagner, Georg F., 83471 Berchtesgaden, DE

74) Vertreter:
Haft, von Puttkamer, Berngruber, Czybulka, 81669
München

⑥2 Teil aus: 198 08 701.2

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤④ Durchflußmeßvorrichtung

51 Eine Vorrichtung zur Durchflußmessung weist an einem von dem zu messenden Medium durchströmten Meßrohr zwei gegeneinander ausgerichtete Ultraschallwandler, die einen Schallstrahl senden bzw. empfangen und wenigstens einen Reflektor an der Meßrohrinnenwand zur Reflexion des Schallstrahls auf. Der Reflektor wird durch eine zur Meßrohr längsachse planparallele Reflexionsfläche gebildet, während das Meßrohr außerhalb der Reflexionsfläche einen runden Querschnitt aufweist.

DE 198 61 074 A 1

Die Erfindung bezieht sich auf eine Durchflussmessvorrichtung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

Eine derartige Vorrichtung ist z. B. aus DE 40 10 148 A1 bekannt. Dabei wird eine Schall-Laufzeitmessung durchgeführt. Das heißt, der Sendeschallwandler ist in Strömungsrichtung ausgerichtet, während der Empfangsschallwandler entgegen der Strömungsrichtung ausgerichtet und in einem solchen Abstand vom Sendeschallwandler angeordnet ist, dass der Ultraschall an der Messrohrinnenwand wenigstens einmal (also V-förmig), zweimal (also W-förmig) oder noch öfter reflektiert wird. Das Meßrohr weist einen rechteckigen Querschnitt auf. Die Wandler sind in Taschen an Ausnehmungen in der Meßrohrwand vorgesehen. Um neben einem W-förmigen Schallpfad einen parasitären V-förmigen Schallpfad und damit eine Verschlechterung des Nutz/Störsignalverhältnisses zu verhindern, sind gekrümmte, fokussierende Reflexionsflächen vorgesehen. Auch ist solches rechteckiges Meßrohr mit einem spiralförmigen Meßpfad bekannt, wobei der Schall senkrecht zur Messrohr-Längsachse in das Medium ein- und aus dem Medium austritt und windschiefe Reflexionsflächen im Messrohr vorgesehen sind (DE 43 36 370 C1). Abgesehen davon, daß die gekrümmten, fokussierenden bzw. windschiefen Reflexionsflächen mit einem entsprechend hohen Herstellungsaufwand verbunden sind, läßt die Meßgenauigkeit der bekannten Vorrichtungen noch zu wünschen übrig.

Aufgabe der Erfindung ist es, eine einfach aufgebaute Schalllaufzeitmeßvorrichtung hoher Meßgenauigkeit bereitzustellen.

Dies wird erfindungsgemäß mit der im Anspruch 1 gekennzeichneten Vorrichtung erreicht. In den Unteransprüchen sind vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung wiedergegeben.

Das erfindungsgemäße Meßrohr weist, abgesehen von den zur Meßrohr-Längsachse planparallelen Reflexionsflächen, einen runden Querschnitt auf, also beispielsweise einen kreisrunden oder ovalen Querschnitt. Gegenüber einem rechteckigen Querschnitt, durch den die Strömungsgeschwindigkeit in den Ecken herabgesetzt wird, wird damit erfindungsgemäß das Strömungsprofil-Verhältnis verbessert. Für einen kleinen Meßfehler kommt es aber entscheidend darauf an, daß man im Bereich gleicher Strömungsgeschwindigkeit mißt, und zwar unabhängig von der unterschiedlichen Größe der Strömungsgeschwindigkeit.

Nach der Erfindung ist vorzugsweise zwischen jedem Schallwandler und der Flüssigkeit oder dem sonstigen Medium, das das Rohr durchströmt, ein Schalleitkörper angeordnet, durch dessen Grenzfläche mit dem Medium der Schallstrahl senkrecht hindurchtritt. Durch den senkrechten Durchtritt ist das System nach dem Snelliusschen Brechungsgesetz von den Brechungsindizes der Flüssigkeit oder des sonstigen Mediums, das das Rohr durchströmt, unabhängig, auch von der Temperatur.

Damit wird ein messtechnisch stabiles System erhalten. Durch den Schalleitkörper werden die Schallwandler gegenüber dem Medium abgedichtet. Damit verhindert der Schalleitkörper bei elektrisch leitenden Medien zugleich elektrische Störungen der Schallwandler.

Energieverluste treten immer dort auf, wo zwei Medien mit ungleichen elastischen Eigenschaften zusammenstoßen. Schallwellen werden an Grenzflächen bei senkrechtem Einfall entweder reflektiert oder bei Schrägeinfall gebeugt und reflektiert, wobei gleichzeitig noch ein "Modenwandel" von transversal in longitudinal oder umgekehrt stattfinden kann. Jede Veränderung des physikalischen Zustandes einer Welle kostet Energie.

Das Verhältnis zwischen dem Schalldruck der reflektierten Welle p_r und dem Druck der einfallenden Welle p_e wird als Reflexionsfaktor R bezeichnet.

$$\frac{p_r}{p_e} = R \quad (R \leq 1)$$

Das Verhältnis von durchgelassener Welle p_d zu einfallender Welle p_e wird als Durchlässigkeitsfaktor D bezeichnet.

$$\frac{p_d}{p_e} = D$$

Entscheidend für die Größen R und D sind die Schallwellenwiderstände oder Schallimpedanz: $Z_1 = \rho_1 \cdot c_1$ und $Z_2 = \rho_2 \cdot c_2$. So ist Z_1 gleich 46 für Edelstahl und Z_2 gleich 1,5 für Wasser.

Bei Energieverlusten wird in relativen Größen gerechnet. So ist der Betrag des reflektierten Schalldruckes

$$20 \lg (p_r/p_e) = 20 \lg |R| =$$

$$= 20 \lg \left| \frac{1,5 - 46}{1,5 + 46} \right| = - 0,5 \text{ dB}$$

Der Betrag der reflektierten Amplitude liegt also nur um 0,5 dB (< 5%) unter dem Betrag der einfallenden, so dass eine fast ideale Reflexion vorliegt.

Demgegenüber hat die durchgelassene Welle in Wasser einen Schalldruck, der etwa 24 dB unter dem Schalldruck der einfallenden Welle in Edelstahl liegt.

$$20 \lg (pd/pe) = 20 \lg |D| = 20 \lg \left| \frac{2 \cdot 1,5}{1,5 + 46} \right| = -24 \text{ dB}$$

5

Die relative Energiebilanz verschlechtert sich noch zunehmend, wenn man chemisch-technische Flüssigkeiten, wie Lösungsmittel-Gemische betrachtet, die folgende typischen Werte besitzen: $c = 1200 \text{ m/s}$, $\rho = 0,8 \text{ g/cm}^3$ und damit $Z \approx 1 \text{ MPa/m}$.

Treffen Schallwellen an schräge Grenzflächen, kommt es noch zu weiteren Effekten aufgrund des Brechungsgesetzes nach Snellius: 10

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2} \quad (\alpha = \text{Einfallswinkel}, \beta = \text{Brechungswinkel},$$

$c_1 \text{ und } c_2 = \text{Schallgeschwindigkeit im 1. bzw. 2. Medium})$ 15

sowie Wellenumwandlungseffekten, welche je nach Auftreffwinkel temperaturabhängig sind, weil die Schallgeschwindigkeit temperaturabhängig ist.

Besonders wichtig für die Ortung von Reflektoren nach dem Doppler-Prinzip ist aber die Tatsache, daß mit dem Brechungsgesetz nur die Ausbreitungsrichtung der gebrochenen Schallwelle, nicht aber ihre Amplitude ermittelt werden kann. Außerdem tritt stets eine lineare Polarisation auf. Die Amplitude ist für die Bestimmung der Partikelgröße wichtig. Die Ortung von sehr kleinen Reflektoren in einem Medium (mit keinem ΔZ) ist also dann wirkungsvoll und zuverlässig, wenn mit einem Schalleitkörper mit entsprechender konstruktiver Gestaltung Schalldruck ohne "Streueffekte" gerichtet in das zu bestimmende Medium eingeleitet bzw. daraus empfangen werden kann. Für das Laufzeitverfahren, ebenso wie für das verwandte "Sing around"-Prinzip eröffnet sich die Möglichkeit, Messungen mit Flüssigkeiten bzw. Medien durchzuführen, die bisher nicht gemessen werden konnten. Beispielsweise waren Medien, die Dämpfungen von größer 10 dB/cm bei einer Frequenz von 1 MHz aufweisen, bisher weder einer Bestimmung der Strömungsgeschwindigkeit noch einer Partikeldetektion zugänglich. 20 25

Im Gegensatz dazu konnte mit MID-Durchflusssensoren (magnetisches induktives Prinzip nach Faraday) – allerdings mit Elektroden, also nicht berührungslos – die Strömungsgeschwindigkeit gemessen werden, aber nur für elektrisch leitfähige Flüssigkeiten und keine Partikel. Demgegenüber ist die erfindungsgemäße Vorrichtung auch zur Bestimmung von nicht leitfähigen Medien geeignet, wobei im Gegensatz zu den herkömmlichen Ultraschall-Durchflusssensoren der Einsatz auf neue, bisher nicht zugängliche Medien erweitert wird, insbesondere kompressible Flüssigkeiten, Öle, hochgesättigte Suspensionen und Dispersionen, Klebstoffe mit Ausgasungseffekten, wie anaerobe Kleber und dgl. 30 35

Wie oben beschrieben, kommt es nämlich entscheidend darauf an, daß die ausgesandte physikalische Eigenart der Schallwelle unverfälscht und möglichst intensiv auf den Empfänger trifft.

Der Schalleitkörper hat in einer ersten Version zwei planparallele Flächen. Dies ermöglicht, daß nur die longitudinale Schallwelle in die Flüssigkeit eingeleitet wird. Flüssigkeiten können nur solche longitudinale Wellen übertragen. So kann auch diese Welle in gleicher Art wieder empfangen werden. Das ist auch hinsichtlich der Energieübertragung und Verluste die optimalste Art. 40

Der Schalleitkörper in der zweiten Version, d. h. mit gestuften Schalldurchtrittsflächen gemäß dem Anspruch 4 entspricht ebenso dem Prinzip der planparallelen Flächen, allerdings längengestuft.

Da es konkave wie konvexe Piezo-Schallwandler gibt, muß die Fläche des Schalleitkörpers nicht planparallel sein. Die Schallaustrittsfläche zum zu messenden Medium kann deshalb auch als eine gewölbte Fläche entsprechend einer Linse ausgebildet sein. Es kommt nur darauf an, daß die Welle senkrecht zur jeweiligen Stelle der Oberfläche des Schalleitkörpers austritt. 45

Nachstehend sind die Schallgeschwindigkeit (c), Dichte (ρ), Schallimpedanz (Z) und (teilweise) die Dämpfung (D) für einige Stoffe angegeben. 50

50

55

60

65

Stoff	c (m/s)	ρ (g/cm ³)	Z _{long} (MPas/m)	D (dB/cm)
Glaskohlenstoff	4575	1,5	7,0	-
Quarzglas	5530	2,2	12,1	-
Glaskeramik	5714	2,6	15,0	-
Piezokeramik (Wandler)	4330	7,3	31,1	-
Edelstahl (Messrohr)	5790	7,9	45,7	-
Polypropylen (Dichtmaterial) ¹⁾	2660	0,89	2,36	5-18
Wasser (25°C)	1496	0,998	1,494	-0,2
Druckfarbe (gefüllt < 50%)	1750	1,4	2,5	>-25
Castoröl	1500	0,942	1,4	-100
Silikonöl	1352	1,11	1,5	-82
Luft (0°C)	330	$1,293 \cdot 10^{-3}$	0,4286	-
Stickstoff (0°C)	334	$1,251 \cdot 10^{-3}$	0,418	-

¹⁾ zur Abdichtung des Schallleitkörpers gegen Innendruck. O-Ringe aus Silikon haben demgegenüber D > 30.

Der Schallleitkörper besteht vorzugsweise aus einem Material, das eine Schallimpedanz aufweist, die höchstens das 15fache, vorzugsweise höchstens das 8fache der Schallimpedanz der Flüssigkeit oder des sonstigen das Messrohr durchströmenden Mediums beträgt. Damit wird eine hohe Energieeinkopplung und demzufolge hohe Leistung der erfindungsgemäßen Vorrichtung gewährleistet.

Das Material des Schallleitkörpers sollte allerdings auch einen hohen E-Modul von wenigstens 10 GPa, vorzugsweise wenigstens 20 GPa aufweisen.

Als besonders geeignetes Material für den Schallleitkörper hat sich Glaskohlenstoff herausgestellt. Glaskohlenstoff besitzt eine Schallimpedanz von etwa 7 MPas/m, d. h. wenn das das Messrohr durchströmende Medium, z. B. Wasser, eine Schallimpedanz von 1,5 MPas/m hat, liegt die Schallimpedanz von Glaskohlenstoff nur um etwa das Fünffache darüber. Zudem weist Glaskohlenstoff einen hohen E-Modul von 35 GPa auf.

Glaskohlenstoff ist eine Kohlenstoffform mit glasartigem Bruchbild (vgl. Z. Werkstofftech. 15, 331-338 (1984)). Gegebenenfalls kann erfindungsgemäß z. B. auch Quarzglas verwendet werden oder Glaskeramik.

Glaskohlenstoff besitzt allerdings elektrisch leitende Eigenschaften. Demgemäß kann es bei Verwendung von Glaskohlenstoff als Schallleitkörper notwendig werden, zwischen dem Schallleitkörper und dem Schallwandler einen dünnen elektrischen Isolator, z. B. aus Kunststoff, beispielsweise Acrylkunststoff, oder Keramik oder Glas, anzubringen, oder der Schallleitkörper wird auf "Ground" gelegt. Dann liegt auch die Flüssigkeit auf "Massepotential".

Demgegenüber ist, wenn das Medium Wasser eine Schallimpedanz von 1,5 MPas/m hat, aus der Sicht der Energiebilanz und der Beibehaltung physikalisch gleichartiger Schalldruckwellen, beispielsweise Stahl als Schallleitkörper ungeeignet, ebenso Aluminiumoxid-Keramik mit einer Schallimpedanz von 32 MPas/m.

Dadurch werden die Energieverluste und Verluste durch Umwandlung in andere Arten von Schallwellen (longitudinal in transversal), die sonst bei der Ultraschall-Durchflussmessung auftreten, wesentlich herabgesetzt.

Damit werden Flüssigkeiten messbar, die bisher einer Ultraschall-Durchflussmessung nicht zugänglich waren, insbesondere hochdämpfende, hochviskose, kompressible Flüssigkeiten, sowie Suspensionen oder Dispersionen mit einem hohen Partikelgehalt von z. B. 50 Gew.-% und mehr. So ist die erfindungsgemäße Vorrichtung beispielsweise in der Papierindustrie zur Durchflussmessung der Flüssigkeiten für den Papiervorstrich oder -hauptstrich einsetzbar, oder zur Durchflussmessung von Lacken und Beschichtungsmitteln und zugleich zur Detektion von Partikeln, die Fehlstellen in der Oberfläche erzeugen.

Bei üblichen, also nicht hochdämpfenden Flüssigkeiten kann wegen ihrer hohen Empfindlichkeit mit der erfindungsgemäßen Vorrichtung der Schallweg kürzer und damit das Messrohr im Durchmesser kleiner ausgebildet werden. Damit ist eine Miniaturisierung der Messvorrichtung möglich.

Vorzugsweise ist die erfindungsgemäße Vorrichtung daher als etwa zigaretenschachtelgroßer Messkopf mit einer Durchgangsbohrung ausgebildet, an die das eine bzw. andere Ende des Messrohres angeschlossen ist. Knapp daneben befindet sich die Elektronik des Messwertaufnehmers.

Der Messkopf kann dazu aus einem Messkopfkörper z. B. aus Kunststoff, beispielsweise einem Fluorpolymeren, wie PVDF bestehen oder aus Edelstahl. Die Durchgangsbohrung kann an ihren Enden jeweils mit einem Innengewinde versehen sein, in das das Messrohr eingeschraubt ist.

Nachstehend ist die Erfindung anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert. Darin zeigen:

Fig. 1 einen Längsschnitt durch einen Messkopf;

Fig. 2 eine schematische Ansicht auf den Messkopf von vorne gemäß den Pfeilen II-II in Fig. 1, jedoch mit winkel-

versetzten Schallwandlern und in vergrößerter Wiedergabe;

Fig. 2a und **2b** einen Längsschnitt durch das Messrohr an der plattgepreßten Reflexionsfläche entlang der Linie IIa-IIa (also von oben gesehen) bzw. IIb-IIb (also von der Seite gesehen) in **Fig. 2**;

Fig. 3 eine Variante der Reflexionsfläche an der Messrohrinnenwand, die vor der Messung auf die vorwiegende Strömungsgeschwindigkeit der Messung radial verstellbar ist;

Fig. 4 einen Querschnitt durch das Messrohr nach einer anderen Ausführungsform; und

Fig. 4a und **4b** jeweils einen Längsschnitt (von vorne bzw. von der Seite gesehen) durch das Messrohr nach **Fig. 4**.

Der Messkopf **1** nach **Fig. 1** ist zur Ultraschall-Laufzeitmessung ausgebildet. Dazu ist ein Messrohr **2** mit einem Ultraschall-Sendewandler **3** und einem Ultraschall-Empfangswandler **4** versehen. Die beiden Wandler **3, 4** sind gegeneinander gerichtet, d. h. der Sendewandler **3** ist in Strömungsrichtung der Flüssigkeit gemäß dem Pfeil **5** gerichtet, während der Empfangswandler **4** gegen die Strömungsrichtung **5** gerichtet ist. Ferner sind die Wandler **3, 4** in einem solchen Abstand voneinander angeordnet, dass der Schallstrahl **6**, der an einer Reflexionsfläche **7** an der Messrohrinnenwand reflektiert wird, zwischen dem Sendewandler **3** und dem Empfangswandler **4** einen V-förmigen Verlauf besitzt.

Es versteht sich, dass der schräg zur Messrohrängsachse **8** verlaufende Schallstrahl **6** auch zweimal oder noch öfter an der Messrohrinnenwand reflektiert, also z. B. bei einer zweimaligen Reflexion auch einen W-förmigen oder Z-förmigen Verlauf aufweisen kann, oder z. B. einen VW-förmigen Verlauf.

Die Schallwandler **3, 4**, die jeweils als plättchenförmige Piezoelemente ausgebildet sind, sind jeweils auf der äußeren Stirnseite eines stiftförmigen Schalleitkörpers **10, 11** angeordnet, der aus einem Material mit einer Schallimpedanz besteht, die höchstens das 15fache der Schallimpedanz der in dem Messrohr **2** strömenden Flüssigkeit beträgt. Vorzugsweise bestehen die Schalleitkörper **10, 11** aus Glaskohlenstoff.

Zum Durchtritt des Schallstrahls **6** vom Sendeschallwandler **3** durch den Schalleitkörper **10** in die Flüssigkeit im Messrohr **2** bzw. von der Flüssigkeit im Messrohr **2** durch den Schalleitkörper **11** in den Empfangsschallwandler **4** ist das Messrohr **2** am inneren Ende der Schalleitkörper **10, 11** mit einer fensterförmigen Ausnehmung **12, 13** versehen.

Zwischen den Schallwandlern bzw. Piezoplättchen **3, 4** ist, falls erforderlich, eine Isolierschicht **14, 15** vorgesehen, z. B. aus Acryl, Keramik u. ä., um den Schalleitkörper **10, 11** von dem Piezoplättchen **3, 4** elektrisch zu isolieren.

Zur Aufnahme der Schalleitkörper **10, 11** sind auf dem Messrohr Reiter oder ein kompakter Aufnahmekörper **16, 17** befestigt, die jeweils mit einer Bohrung versehen sind, in denen die Schalleitkörper **10, 11** angeordnet sind. Um das Messrohr **2** nach außen abzudichten, sind die Schalleitkörper **10, 11** in den Bohrungen durch O-Ringe oder dgl. Dichtmittel **18, 19**, z. B. durch Fluorkohlen- bzw. Fluorkohlenwasserstoff-Polymere, wie Polytetrafluorethylen, abgedichtet, z. B. eingeklebt, eingepreßt oder eingesintert.

Das Messrohr **1** kann beispielsweise aus Stahl, Glas oder Glaskohlenstoff bestehen.

Um eine Schallbrechung nach Snellius (und weitere Störeffekte) an der Grenzfläche zwischen dem Schalleitkörper **10, 11** und der Flüssigkeit im Messrohr **2** zu verhindern, tritt der Schallstrahl **6** durch diese Grenzfläche senkrecht hindurch. Dazu können die Schalleitkörper **10, 11** eine zu ihrer Längsachse senkrechte, also zum Piezoelement **3** bzw. **4** parallele Stirnfläche als Grenzfläche zur Flüssigkeit besitzen. Allerdings wird dadurch ein Totvolumen zwischen dieser Grenzfläche, der Bohrung in dem Aufnahmekörper **16, 17** und dem Messrohr **2** gebildet. In diesem Totvolumen können sich Gasblasen ansammeln, die zu einer vorübergehenden Schwächung bzw. Unterbrechung des Schallstrahls **6** und damit zur Funktionsunfähigkeit der Vorrichtung führen können.

Um dies zu verhindern, ist gemäß **Fig. 1** die Grenzfläche zwischen den Schalleitkörpern **10, 11** und der Flüssigkeit im Messrohr **1** mit treppenförmig angeordneten Schalldurchtrittsflächen **21, 22, . . .** versehen, die zum Schallstrahl **6** senkrecht verlaufen, wobei die Kanten der Treppe mit der Innenwandung des Messrohres **2** fluchten.

Das Messrohr **2** weist gemäß **Fig. 2** einen kreisrunden Durchmesser auf. Gegenüber Messrohren mit viereckigem oder prismatischem Querschnitt hat ein runder Querschnitt den Vorteil, dass keine so ungleiche Herabsetzung der Strömungsgeschwindigkeit in den Ecken erfolgen kann. Gegenüber einem prismatischen Querschnitt wird damit einerseits das Strömungsprofil-Verhältnis verbessert und zudem werden Ablagerungen in Ecken verhindert. Für einen kleinen Messfehler kommt es entscheidend darauf an, daß man im Bereich gleicher Strömungsgeschwindigkeit mißt, und zwar unabhängig von der unterschiedlichen Größe der Strömungsgeschwindigkeit.

Die zur Messrohrängsachse **8** planparallele Reflexionsfläche **7** kann durch eine plattgepresste Stelle des Messrohres **2** gebildet werden (vgl. **Fig. 2, 2a, 2b**). Das heißt, bei einem Messrohr aus Stahl kann beispielsweise in das Rohr ein Amboss-Körper mit einer planen Gegenfläche eingeführt und das Rohr an dieser Stelle mit einem Pressstempel von außen flachgedrückt werden. Es genügt, daß diese Stelle einige Quadratmillimeter groß ist. Ein weiterer Vorteil ist, daß weniger parasitäre Schallwellen auftreten.

Wie in **Fig. 3** dargestellt, kann die Reflexionsfläche **7** aber auch durch die Stirnfläche einer Justierschraube **25** gebildet werden, die in eine Buchse **26** an dem Messrohr **2** flüssigkeitsdicht eingeschraubt ist. Damit kann die Reflexionsfläche **7** so justiert werden, dass der Schallstrahl **6** mit optimaler Energie vom Sendeschallwandler **3** zum Empfangsschallwandler **4** gestrahlt wird. Insbesondere bei höheren Strömungsgeschwindigkeiten kann damit durch Nachjustierung der Reflexionsfläche **7** dem Effekt entgegengewirkt werden, dass die schnell strömende Flüssigkeit den Schallstrahl **6** sozusagen "wegweht". Die radial verstellbare Reflexionsfläche kann vor der Messung auf die vorwiegende Strömungsgeschwindigkeit oder während der Messung eingestellt werden.

Die zur Messrohrängsachse **8** radiale Stellung der Reflexionsfläche **7** der Justierschraube **25** beeinflusst den Reflexionswinkel β und damit das mittige Eintreffen des Schallstrahls **6** im Empfänger **4**. Bei sehr großen Strömungsgeschwindigkeiten wird der Schallstrahl **6** verweht. Die Folge ist, daß die Amplitude am Empfänger klein ist und gegebenenfalls gegen Null geht. Die radiale Verstellung in Abhängigkeit von der Strömungsgeschwindigkeit bildet dazu eine Abhilfe.

Eine Änderung der Strömungsgeschwindigkeit zwischen laminarer und turbulenter Strömung ist insbesondere im inneren Querschnittsbereich des Messrohres **2** festzustellen, und zwar innerhalb des Querschnittsbereich **27**, also um den Messrohrmittelpunkt herum, also zwischen der Messrohrängsachse **8** und etwa dem Radius $r/3$ des Messrohres **2**. Bei $r \geq 0,67$ ist dies nicht mehr der Fall.

Wie **Fig. 2** zu entnehmen, verläuft daher der Schallstrahl **6** nicht durch die Messrohrängsachse **8** und auch außerhalb

des Innenquerschnittsbereich 27 des Messrohres 2, sondern wegen des Durchmessers des Schallstrahls vorzugsweise bei $r = 0,6$ bis $0,8$.

Dazu sind die Schallwandler 3, 4 zur Messrohr längsachse 8 um den Winkel α versetzt zueinander angeordnet. Der Schallstrahl 6 fällt damit in einem Winkel ($\alpha/2$) zu der zur Reflexionsfläche 7 senkrechten Rohrmittellängsebene 28 auf die Reflexionsfläche 7 (Fig. 2). Dieser Winkel ist selbstverständlich nicht der gleiche Winkel wie in Fig. 2a und b.

Wenn die erfindungsgemäße Vorrichtung zur Messung eines Flüssigkeitsstroms nach dem Ultraschall-Doppler-Prinzip ausgebildet ist, ist, wie in Fig. 1 gestrichelt dargestellt, ein weiterer Empfangsschallwandler 4' an einem Schalleitkörper 11' vorgesehen, und zwar im gleichen Querschnittsbereich des Messrohres 1, in dem der Sendeschallwandler 3 angeordnet ist, wobei der Empfangsschallwandler 4' ebenso wie der Sendeschallwandler 3 in Strömungsrichtung 5 ausgerichtet ist. Bei einem Reflektorteilchen 29 wird, wie in Fig. 1 gestrichelt dargestellt, die reflektierte Strahlung 6' vom Empfangsschallwandler 4' empfangen. Dieses Empfangssignal ist ca. 500–1000 mal stärker, als bei den alten Konstruktionen.

Bei der Ausführungsform nach Fig. 4, 4a und 4b weist der Schallstrahl 6 einen spiralförmigen Verlauf außerhalb des Rohrrinnenbereichs auf. Dazu sind zwei (oder mehr) entsprechend angeordnete Reflexionsflächen 7, 7' in Form plattgepreßter Rohrwandbereiche vorgesehen, auf die der Sendewandler 3 und der Empfangswandler 4 entsprechend ausgerichtet sind.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Durchflußmessung mit einem von dem zu messenden Medium durchströmten Meßrohr, zwei gegeneinander ausgerichteten Ultraschallwandlern, die einen Schallstrahl senden bzw. empfangen und wenigstens einem Reflektor an der Meßrohrinnenwand zur Reflexion des Schallstrahls, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Reflektor durch eine zur Meßrohr längsachse (8) planparallele Reflexionsfläche (7, 7') gebildet wird und das Meßrohr (2) außerhalb der Reflexionsfläche (7, 7') einen runden Querschnitt aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Reflexionsfläche (7, 7') durch eine plattgepreßte Stelle des Messrohres (2) gebildet wird.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die wenigstens eine Reflexionsfläche (7) durch die Stirnfläche einer Justierschraube (25) gebildet wird.

4. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Schallstrahl (6) in einem Winkel ($\alpha/2$) zu der zur Reflexionsfläche (7) senkrechten Messrohrmittellängsebene (28) auf die Reflexionsfläche (7) fällt.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Winkel ($\alpha/2$), den der Schallstrahl (6) zu der zur Reflexionsfläche (7, 7', 7'') senkrechten Messrohrmittellängsebene (28) einnimmt, derart bemessen ist, dass der Schallstrahl (6) in einem Abstand von der Messrohr längsachse (8) verläuft, der größer ist als der halbe Radius ($r/2$) des Messrohres (2).

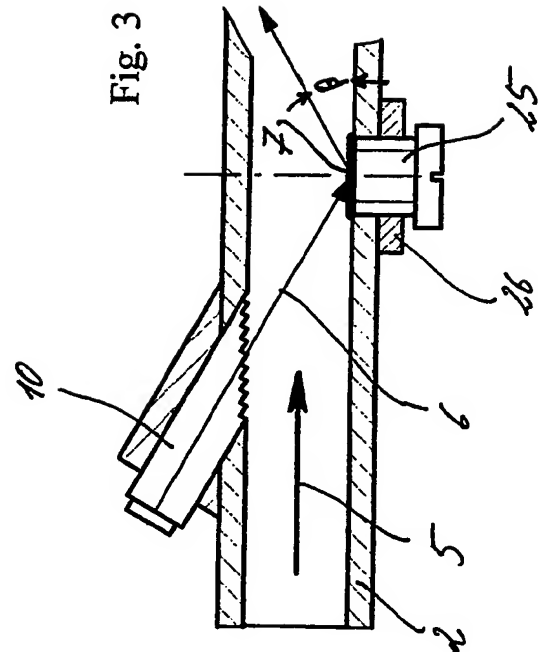
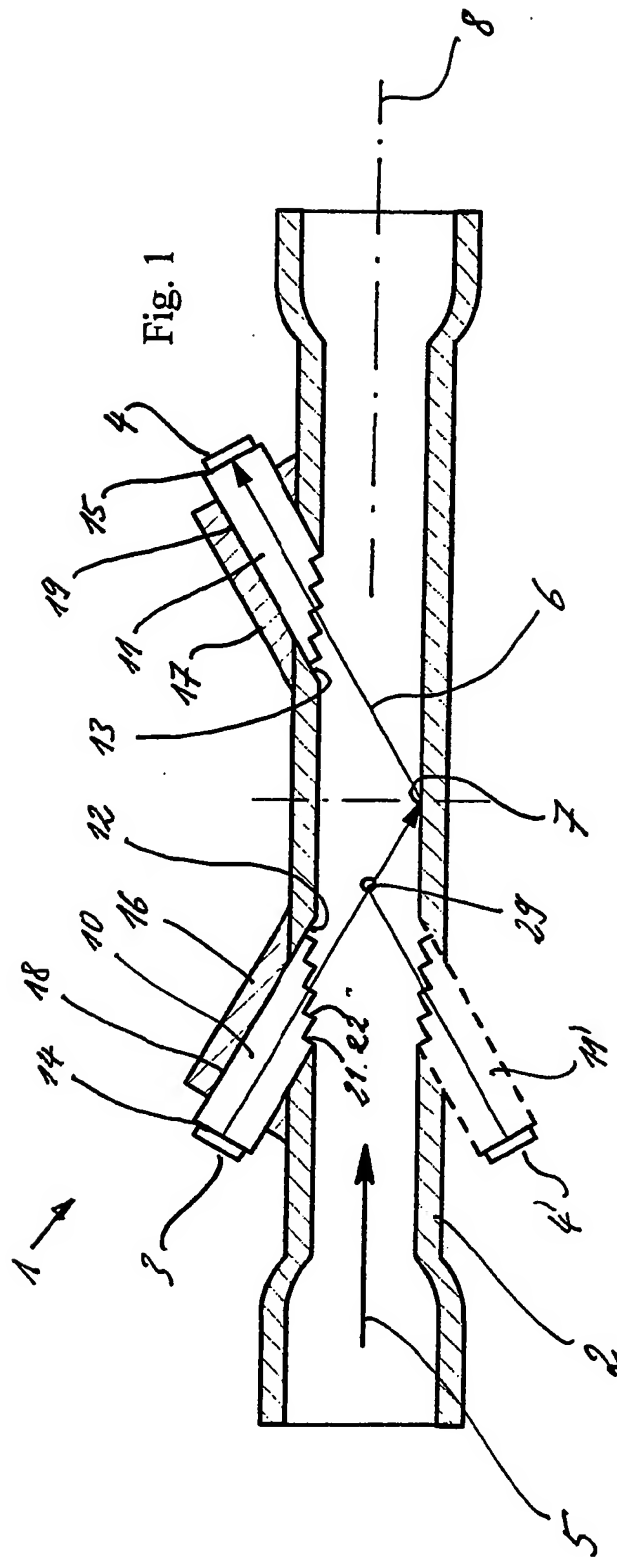
6. Vorrichtung nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Messrohrwand zum Durchtritt des Schallstrahls (6) vom Sendeschallwandler (3) in das Medium bzw. vom Medium zum Empfangsschallwandler (4) mit einer Ausnehmung (12, 13) versehen ist und zwischen den Schallwandlern (3, 4) und dem Medium jeweils ein Schalleitkörper (10, 11) angeordnet ist, durch dessen Grenzfläche mit dem Medium der Schallstrahl (6) senkrecht hindurchtritt und der eine Schallimpedanz aufweist, die höchstens das 15-fache der Schallimpedanz des Mediums beträgt.

7. Vorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass wenigstens einer der Schalleitkörper (10, 11, 11') aus Glaskohlenstoff besteht.

8. Vorrichtung nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Grenzfläche zum senkrechten Durchtritt des Schallstrahls (6) mit treppenförmig angeordneten, zum Schallstrahl (6) senkrecht verlaufenden Schalldurchtrittsflächen (21, 22, 23 . . .) versehen ist, wobei die Kanten der Treppe auf einer Geraden liegen, die mit der Messrohrinnenwand fluchtet.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -



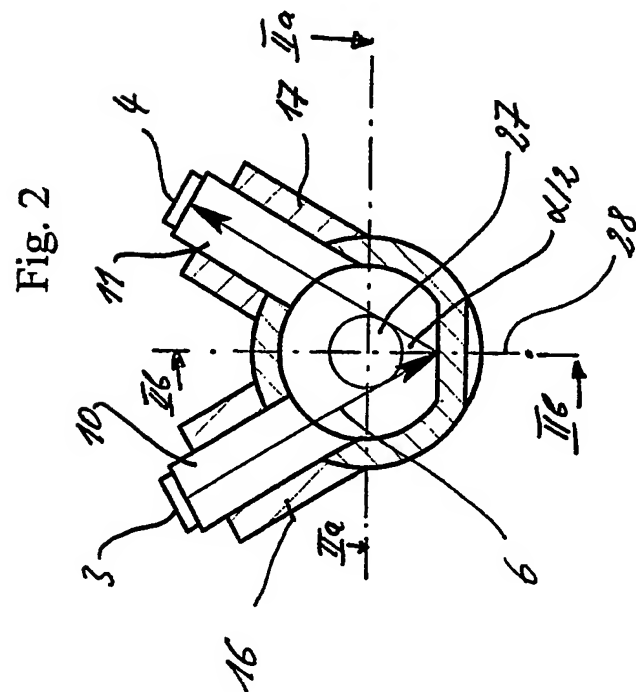
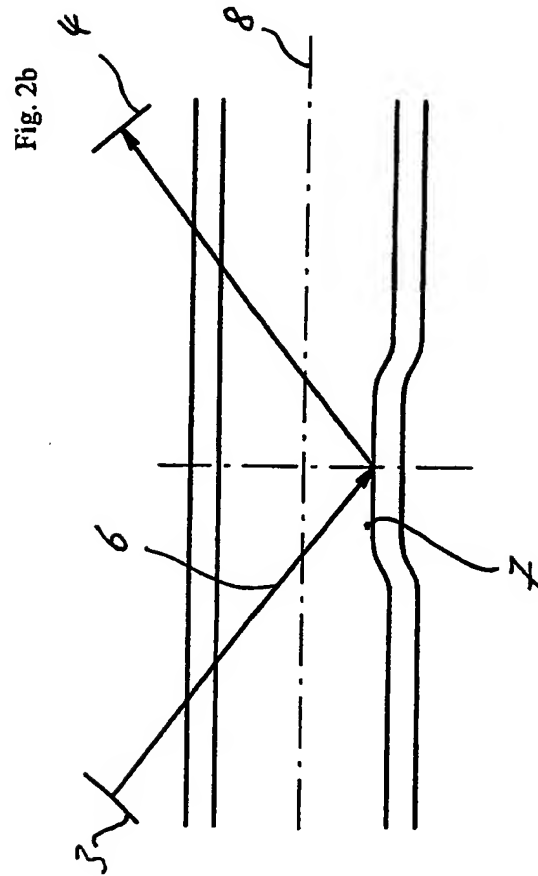
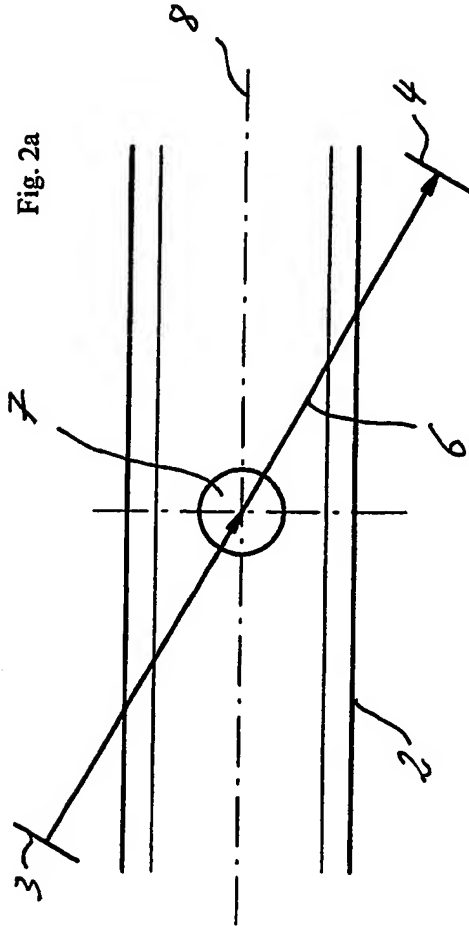


Fig. 4a

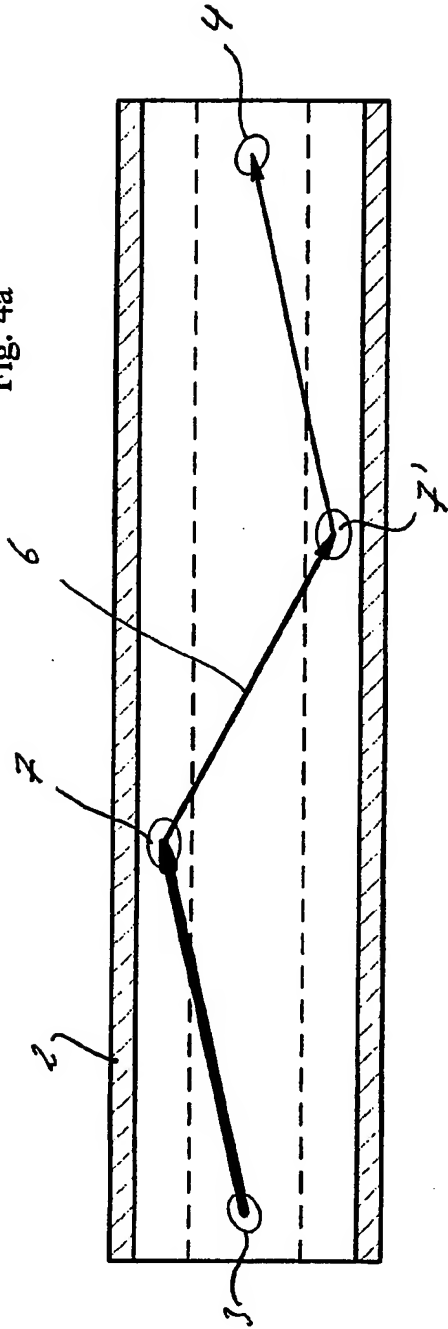


Fig. 4b

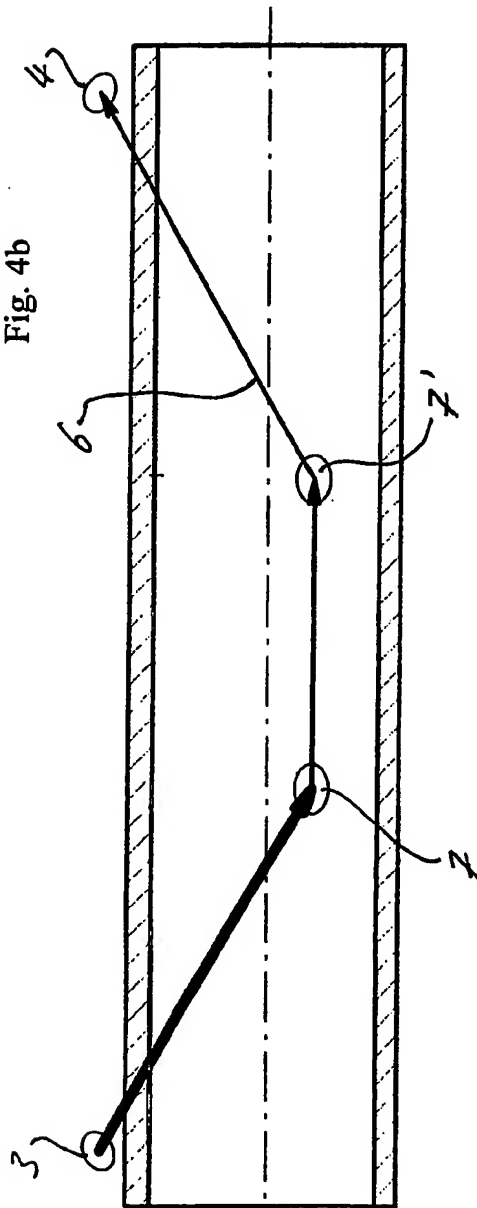


Fig. 4

